

文章编号:1672-9854(2008)-04-0029-08

四川盆地南部中—上寒武统储层成岩作用

杨伟¹, 胡明毅¹, 宋海敬¹, 胡治华²

(1 油气资源与勘探技术教育部重点实验室(长江大学); 2 中海油天津分公司)



杨伟

摘要 四川盆地南部中—上寒武统(洗象池群)储层为一套碳酸盐岩局限台地沉积,其岩性为粗粉晶—细晶白云岩、砾屑白云岩、砂屑白云岩、鲕粒白云岩等。成岩作用主要有压实作用、胶结作用、白云石化作用、岩溶作用、破裂作用等,白云石化作用和岩溶作用是形成优质储层的关键。白云石化的机理为混合水白云石化。岩溶作用具有多期性,包括沉积期岩溶、风化期岩溶、埋藏期古岩溶和褶皱期古岩溶等,以风化期岩溶为主。压实作用和胶结作用破坏了大量的原生孔隙和次生孔隙。压实作用主要发生在浅埋藏期,它与埋藏期胶结一同作用使孔隙度由原来的15%左右骤降至2%~3%左右。随着后来的岩溶作用和破裂作用等,部分储层的孔隙度又扩大到4%~5%左右,以晶间孔和晶间溶孔为主要储集空间类型。

关键词 碳酸盐岩;成岩作用;孔隙演化;寒武系;四川盆地南部

中图分类号: TE112.23 **文献标识码**: A

杨伟 1982年生,2006年毕业于长江大学,现为长江大学在读硕士研究生,研究方向为沉积储层。通讯地址:434023 湖北省荆州市 长江大学东校区地球科学学院

油气勘探近五十年来,对于整个四川盆地的寒武系碳酸盐岩来说,还没有大的突破,迄今仅在乐山—龙女寺古隆起带的威远及资阳地区发现了储量规模较大的气藏^[1]。碳酸盐岩储层受成岩作用的改造强烈,白云石化作用和岩溶作用是储层发育的主要控制因素,也是影响勘探的重要因素。因此系统研究成岩作用及其对储层的影响,分析孔隙演化过程,对于勘探实践和成岩理论都有十分重要的意义^[2]。

1 地质背景

研究区位于四川盆地的南部及其周缘的造山带,西以龙门山为界,北到资阳—合川,东到重庆石柱一带,南部越过盆地边界到达贵州遵义,面积约 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1)。震旦纪末的遵义运动使四川盆地西缘龙门山上隆,研究区早寒武世台地沉积基底总体格架呈东倾状,地势西高东低,华蓥山、七跃山断裂的继承性活动增强,表现在断

裂西侧上升,东侧顺次降低,形成由西向东的区域性隆起和凹陷构造格局^[5]。中—晚寒武世,地形趋向平缓,水体由西向东逐渐加深。中—上寒武统洗象池群($\text{C}_{2,3}\text{x}$)也呈北东—南西向展布,厚度总体上仍表现出西北薄东南厚的分布趋势。中—晚寒武世洗象池期的沉积格局发生重大变化,全区以泥晶—粉晶—细晶白云岩组成的局限台地相沉积为主。在合川—威远—荣县一带发育北东—南西向展布的浅滩相区,主要由鲕粒白云岩和砂屑白云岩组成,此外在重庆南川—务川一带也发育有浅滩相沉积。研究区寒武系内部组群之间为整合接触关系,与下伏震旦系呈假整合接触,与上覆奥陶系或二叠系呈整合或假整合接触^[6]。本文主要的研究对象是中—上寒武统洗象池群。

2 储层基本特征

通过6条野外实测剖面和部分取心井(图1)岩

收稿日期:2007-12-10;改回日期:2008-06-29

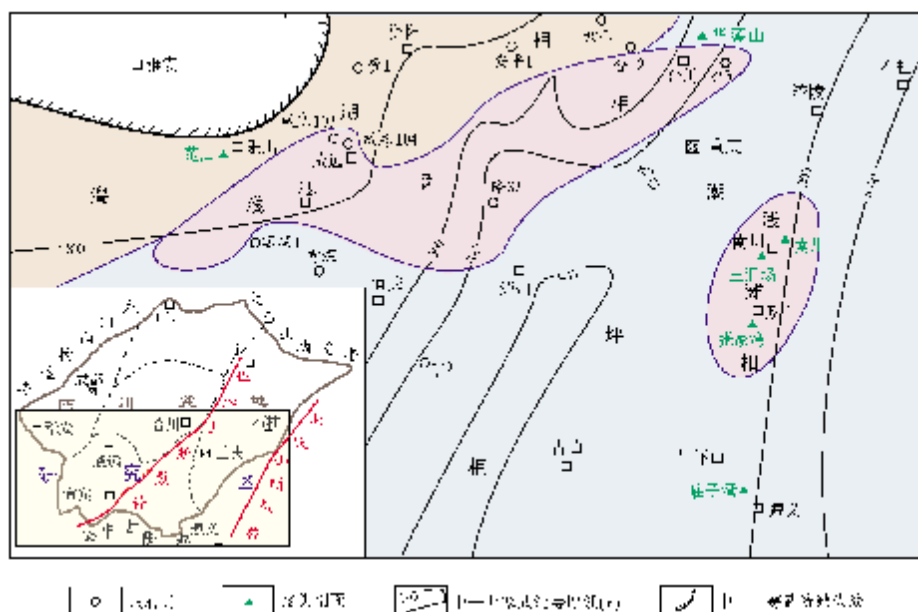


图1 四川盆地南部中—晚寒武世沉积相分布图(据文献[3-4],略有修改)

心观察分析得知,四川盆地南部中—上寒武统储层主要为碳酸盐岩沉积,其岩性为粗粉晶—细晶白云岩、砾屑白云岩、砂屑白云岩和鲕粒白云岩等。铸体薄片观察结果表明,其储集空间类型有:晶间孔、晶间溶孔、晶间微孔、粒内孔、粒内溶孔、粒间孔、粒间溶孔、溶洞和裂缝等。晶间孔、晶间溶孔、晶间微孔主要在晶形发育较好的晶粒白云岩中发育,孔内多为沥青质充填。晶间孔是细晶、粉晶白云岩的主要孔隙类型,是白云岩储层中最重要的基质孔隙。粒内溶孔表现为颗粒(鲕粒、砂屑、生物碎屑)内部组分被选择性溶蚀而形成的储集空间。粒间溶孔主要在颗粒白云岩中发育,由粒间孔经溶蚀作用而形成。溶洞在洗象池群中分布普遍,但多被石英、方解石全充填,洞径一般2~15mm,大的达50mm。现今的有效溶洞分布层段较有限。溶洞有两类:一类为粒间残余孔溶蚀扩大所形成,发育于颗粒白云岩中,与裂缝、粒间孔隙一并构成好储层的储集空间;另一类为泥晶白云岩、泥质泥晶白云岩沿裂缝溶蚀而形成,洞径2~60mm,溶洞壁为白云石、岩屑、沥青充填。裂缝在四川盆地南部中—上寒武统中普遍发育,它不仅具有沟通储集空间、提高渗透性的作用,同时裂缝也具有一定的储集空间,由此形成了碳酸盐岩储层的孔洞缝系统^[7]。

笔者本次对四川盆地南部中—上寒武统共分析了15个物性样品,其孔隙度最大值为7.5%,最小值为1%,平均为3.86%,主要分布区间为4%~6%(图2a);渗透率最大值为 $31.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小值为 $0.032 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均值为 $2.871 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要分布区间为 $(0.01 \sim 0.1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图2b)。总体上为一套低孔低渗型储层。

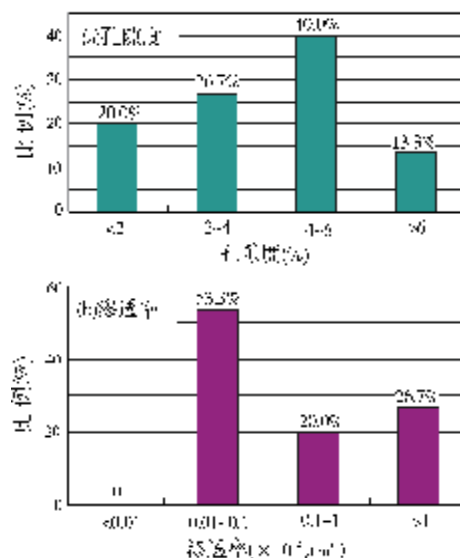


图2 四川盆地南部中—上寒武统储层物性分布直方图
样品数: 15

3 成岩作用类型

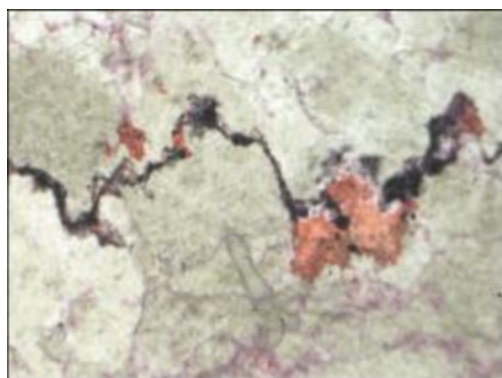
研究区寒武系沉积之后,由于经历了长期的埋藏作用和几次大的构造运动,成岩作用历史极其复杂,类型繁多,但总体上可分为建设性和破坏性两大类。其中破坏性成岩作用有压实—压溶作用、胶结作用等类型;建设性成岩作用有白云石化作用、溶蚀作用、破裂作用等。

3.1 压实—压溶作用

压实—压溶是影响非常严重的破坏性成岩作用,它可以使具有40%~70%原生孔隙的灰泥变成致密的岩石。压溶作用可导致重结晶,使岩层厚度减少20%~39%^[8]。压实—压溶作用在研究区主要表现为以下特征。

(1) 压实作用使颗粒白云岩发生变形,如颗粒被压扁、拉长、破碎等,随着压实作用加强,颗粒呈紧密堆积。如果颗粒岩胶结作用强烈则压实作用不强烈,二者之间呈明显的互为消长关系。

(2) 随着压实作用加强,在晚成岩期深埋阶段可发生压溶作用,主要表现为碳酸盐岩颗粒或晶面弯曲呈镶嵌状,形成缝合线。缝合线与岩石层理平行或近于平行,常切过颗粒、胶结物和基质。峰柱垂直于层面,起伏较大,可达2cm。缝宽约1~2mm,多分支,呈齿状镶嵌,多为含丰富有机质的泥质充填(泥质充填物多被油质浸染),也有沥青充填(图3)。说明缝合线大部分已成为油气储集空间和运移通道。



灰质细晶白云岩。压溶缝合线呈齿状镶嵌。
NC-19-C1; 10×10 (-)

图3 重庆南川寒武系压溶缝合线

3.2 胶结作用

胶结作用主要见于浅滩相鲕粒白云岩和砾砂屑白云岩中,根据结构特征可将研究区胶结作用分为以下几种类型^[9-10]。

3.2.1 海底胶结作用

胶结物呈纤柱状或马牙状围绕在颗粒外缘,垂直颗粒壁生长,构成第一世代纤维状等厚环边胶结物,此类胶结物主要形成于海底成岩环境。

3.2.2 淡水胶结作用

此类胶结物呈两世代粒状胶结。第一世代呈细小粒状,粒径0.01~0.03mm,沿纤状胶结物外缘生长,若无纤状胶结物或纤状胶结物被溶蚀,则直接沿颗粒外缘生长;第二世代粒状胶结物粗大,粒径在0.05~0.2mm。此类胶结物是由于颗粒形成之后,局部抬升暴露在海平面之上,遭受淡水的改造而形成。

3.2.3 埋藏胶结作用

可分为早期浅埋藏和晚期深埋藏两个阶段。

早期浅埋藏阶段 胶结物一般为粒状方解石,最常见的是在栉壳状胶结物之外形成二世或更晚期镶嵌式胶结。在早期溶蚀原生孔洞中,下部先充填了渗流粉砂,上部残余空间中形成的化学沉积也属于此期胶结物,形成示底构造。

晚期深埋藏阶段 碳酸盐岩溶蚀作用和破裂作用形成的缝、洞被方解石、白云石、沥青等胶结物充填胶结。溶洞由多世代呈皮壳状构造的方解石充填,裂缝多由对生方解石(沿裂缝壁生长的马牙状方解石)充填,也常见第一期成藏在其中留下的大量沥青质胶结物,还见有埋藏作用形成的白云石充填。

上述三类胶结作用的充填致使几乎所有原生孔隙和大部分次生孔隙难以保存,特别是埋藏胶结作用对大气淡水岩溶溶洞和构造裂缝的充填,使次生孔隙损失巨大。胶结作用是四川盆地南部中—上寒武统的主要孔隙破坏者。

3.3 白云石化作用

研究区内中—上寒武统白云岩极其发育,类型多样,主要有粗粉晶白云岩、细晶白云岩、砾砂屑白

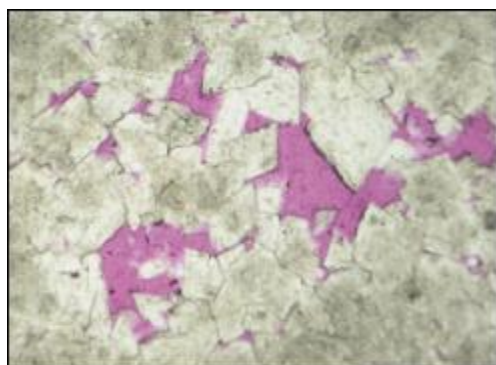
云岩和鲕粒白云岩等。不同类型白云岩其形成机理不同,其储层物性特征也存在明显的差别,现根据白云岩岩石学特征和同位素地球化学特征对其成因机理分析如下。

3.3.1 白云岩岩石学特征

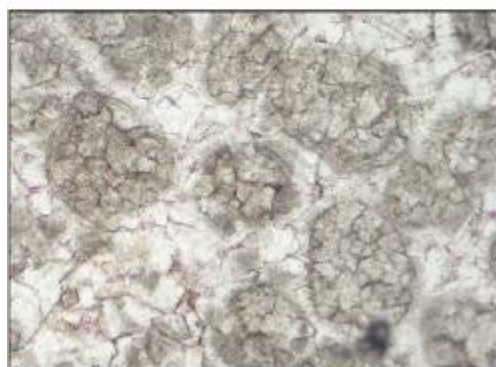
不同类型的白云岩,具有不同的成岩环境,在成岩过程中可能留下许多能指示其成岩环境的标志。研究区白云岩按其结构特点可分为颗粒白云岩和粗粉晶—细晶白云岩两类。

颗粒白云岩 主要包括有鲕粒白云岩、砾屑白云岩和砂屑白云岩等。这类白云岩颗粒本身由泥晶白云石和粉晶白云石组成,胶结物多由粉晶白云石组成,原岩中颗粒和胶结物的结构特征保存完好。

粗粉晶—细晶白云岩 这类白云岩主要由粗粉晶—细晶白云石组成,有少量中晶白云石,以半自形为主,普遍具交代雾心结构,部分白云岩具交代残余颗粒结构等(图4)。



(a) 具交代雾心结构,晶间孔和晶间溶孔发育。细晶白云岩;重庆南川寒武系,NC-4-C1;显微照片,10×10(-)



(b) 交代残余鲕粒结构,发育晶间孔、晶间微孔。粗粉晶—细晶白云岩;重庆南川寒武系,NC-14-C1;显微照片,4×10(-)

图4 重庆南川寒武系白云岩特征

3.3.2 白云石地球化学特征

3.3.2.1 有序度

白云石晶体的有序度与形成条件有密切关系,它能反映白云石晶体形成时的溶液条件和结晶速度^[11-12]。一般来说,在Mg/Ca值低的溶液中,由于结晶速度缓慢,Ca²⁺、Mg²⁺、CO₃²⁻有充足的时间形成有序的白云石晶格,故其有序度较高。研究区细粉晶白云石晶体的有序度分布于0.67~0.95之间,平均值为0.77(表1)。该有序度较埋藏白云岩有序度(一般大于0.9)要低、比同生期有序度(一般小于0.7)要高,因此白云石结晶速度中等。这说明,白云石形成时可能处于混合水环境,其形成环境介于准同生和埋藏环境之间。

表1 四川盆地南部中—上寒武统白云石有序度

井名	编号	井深(m)	岩性	有序度
威寒104	WH104-1	2374.5	灰色白云岩	0.58
	WH104-3	2373.6	深灰色白云岩	0.79
	WH104-5	2005.5	深灰色白云岩	0.87
	WH104-7	2003.3	灰色白云岩	0.95
	WH104-26	1915.5	灰色泥晶白云岩	0.8
	WH104-40	1846.0	灰色白云岩	0.47
威寒103	WH103-4	2226.3	灰色白云岩	0.95
隆32	L32-6	3951.2	灰色泥晶白云岩	0.7
临7	L7-1	4260.6	灰色白云岩	0.78
临7	L7-10	3284.8	灰色白云岩	0.79

3.3.2.2 微量元素

微量元素的分布主要受沉积、成岩环境控制,不同的沉积环境,微量元素的含量不同^[13]。对Sr含量的已有研究表明,在大气淡水影响下形成的方解石中含量为150×10⁻⁶,海水中大约为(1000~1200)×10⁻⁶,与蒸发岩有关的超咸盐水白云石中大于550×10⁻⁶,混合带白云石中为(70~250)×10⁻⁶。

研究区细粉晶白云岩的Sr含量大部分很低,在所测的20个样品中有13个样品的Sr含量在250×10⁻⁶以下,说明这些样品在白云石化过程中,有淡水的加入。也就是说,大部分白云石形成时有淡水的加入。

近代生物成因的碳酸盐岩中Na的含量为(5000~8000)×10⁻⁶。美国佛罗里达、加勒比海中的巴哈马

群岛及阿拉伯湾的现代白云石中, Na 含量为 $(1000\sim 3000)\times 10^{-6}$ ^[14]。而研究区细粉晶白云岩的 Na 含量大都小于 600×10^{-6} , 这说明大部分白云岩的成岩环境不是蒸发环境, 而是可能在成岩过程中受到大气淡水稀释作用的结果。

3.3.3 白云岩成因机理分析

由上述白云岩岩石学和地球化学特征的综合分析表明, 研究区白云岩的形成机理为混合水白云石化作用。Badiozamani^[15]用实验方法证明, 只要5%的海水, 即在混合液为5%的海水和95%的地下水时, 对白云石已饱和了, 但对方解石则不饱和; 30%的海水与70%的地下水的混合液, 对白云石已过饱和许多倍, 但对方解石仍不饱和。因此, 在海水占5%~30%的混合液中, 方解石被交代为白云石, 即发生白云石化作用。Badiozamani用此机理解释了美国威斯康星背斜较高地区中奥陶统米夫林段的白云石化作用。笔者综合研究认为, 四川盆地南部中—上寒武统颗粒白云岩和粗粉晶—细晶白云岩主要是由混合水白云石化作用形成, 其形成与威斯康星背斜中奥陶统米夫林段的白云石化作用机理相似。

有研究表明, 灰质沉积物(岩)的强烈白云石化可较大程度地提高储层质量。一方面, 如果按分子对分子交代理论来说, 当石灰岩被完全交代形成白云岩, 将会增加12.5%的孔隙度; 另一方面, 由于交代形成的白云石较方解石具有更加粗大和自形的晶体, 从而可提高岩石的有效孔隙度和渗透率^[16]。混合水白云石化作用可以产生大量的晶间孔, 是一种主要的建设性成岩作用, 是优质储层形成的基础。对于碳酸盐岩储层来说, 白云石化起着非常重要的作用。

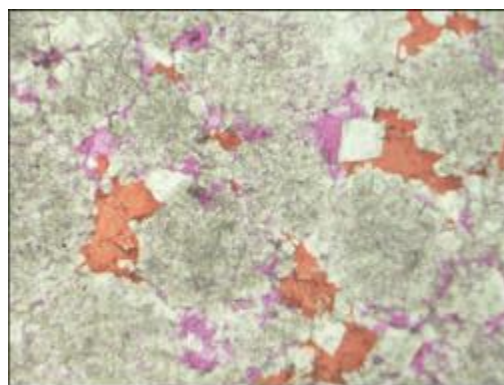
3.4 岩溶(溶蚀)作用

岩溶作用指饱含 CO_2 的地下水和地表水对可溶性碳酸盐岩的溶解、淋滤、侵蚀、搬运和沉积等一系列综合地质作用。岩溶作用在碳酸盐岩储层中占有相当重要的地位。次生孔隙的规模与岩溶作用强度关系密切, 而且变化较大。研究区发生了多期溶蚀作用, 各期特征如下。

3.4.1 沉积期岩溶

沉积期岩溶是指沉积过程中由于海平面波动,

沉积物暴露水面, 遭受淡水淋滤产生的岩溶作用。由于持续时间短, 岩溶作用弱, 形成的孔洞规模小, 纵向上频繁出现, 受岩性岩相控制, 主要在浅滩和潮坪相区发育。以选择性岩溶为主, 形成粒间、粒内、晶间溶孔(图5), 并常见垮塌型溶洞。



细粒砂屑白云岩。粒间孔、粒内溶孔发育。
NC-20-C1; 10×10 (-)

图5 重庆南川寒武系沉积期岩溶特征

3.4.2 风化期岩溶

风化期岩溶指在加里东运动期间碳酸盐岩整体抬升, 在遭受风化剥蚀过程中于侵蚀面附近一定深度内发生的岩溶作用。由于该区风化期岩溶持续时间长(最晚持续到二叠纪)、影响范围广, 因此该期岩溶很发育。该期岩溶不受组构限制, 形成不规则溶洞、溶缝和少量溶孔, 溶蚀型溶洞和溶塌型溶洞发育, 洞穴中的塌积物主要由岩石角砾、铁泥质、晶屑组成, 常见石英砂。

3.4.3 埋藏期古岩溶

埋藏期古岩溶是指有机质成熟期酸性地层水在运移、排放过程中对碳酸盐岩的溶解作用, 一般在有机质成熟期开始大规模进行。该期岩溶孔缝形成于晚海西期(二叠纪), 此时是现存古生界原生油藏的主要形成时期, 同时也是有机酸溶蚀作用发生的主要时期。与此同时发生进油事件, 溶孔一般被液态烃(或沥青)所占据。

3.4.4 褶皱期古岩溶

褶皱期古岩溶是指在盆地褶皱过程中(主要指喜马拉雅期)断层、裂缝大量形成, 导致地层水互串、大气淡水进行深循环所形成的岩溶。该期岩溶主要沿断裂、裂缝进行, 形成构造溶蚀缝和少量孔洞, 充填物主

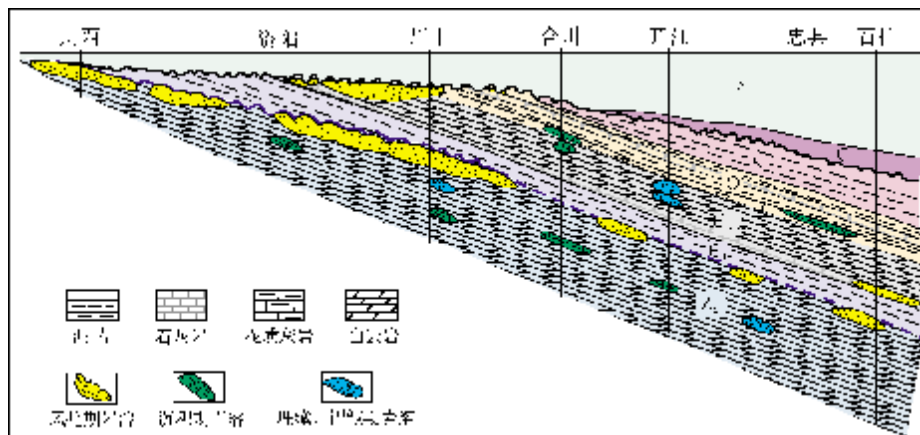


图6 研究区岩溶对比剖面

要是粗晶白云石、方解石等,无沥青和渗流物充填。

研究区大面积出露中—上寒武统白云岩,风化剥蚀程度大,风化期岩溶发育,其他岩溶仅局部出现(图6)。埋藏期岩溶和褶皱期岩溶常重叠出现,但规模不大,不易识别。风化岩溶分布面积广、深度大,同时也受后期的埋藏岩溶作用、褶皱期岩溶作用等影响,对储集物性有较好的改造作用。故在溶蚀孔洞形成过程中风化期岩溶占主导地位。

研究区由溶蚀作用产生的溶蚀孔洞形成于大量天然气生成之前,孔洞形成后被天然气充注,一直保留至今,可以说溶蚀作用产生了主要的储集孔洞系统。

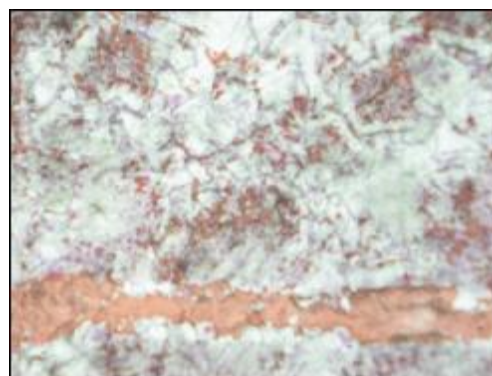
3.5 破裂作用

裂缝在研究区中—上寒武统中普遍发育,它不仅具有沟通储集空间、提高渗透性的作用,同时也具有一定的储集空间。从普通薄片和铸体薄片的观察发现,构造缝出现的频率比较高,镜下可见构造缝多被白云岩、沥青、石英等充填。根据裂缝的产状和相互间切割关系,可将整个裂缝系统分为三期。

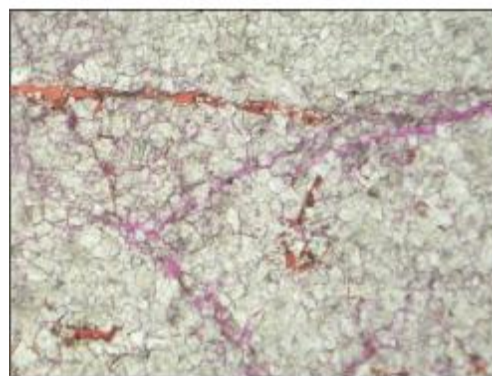
第一期裂缝发育较早,可能是加里东构造运动的产物。呈网状或高角度状,被后期多组裂缝切割,被细—粉晶方解石或沥青全充填(图7a),无储层意义。

第二期裂缝可能是印支运动的结果,以高角度缝为主,缝宽1~10 mm,最大可达50 mm,多为方解石充填或半充填(图7b)。

第三期裂缝主要与喜马拉雅运动有关,其裂缝的产状不定,缝宽一般小于1 mm,未被充填,切割



(a) 灰质细晶白云岩。第一期裂缝被方解石全充填。
NC-13-G1; 10×10 (-)



(b) 含灰粉晶白云岩。第二期裂缝切割第一期裂缝,第二期裂缝半充填。NC-1-G1; 4×10 (-)

图7 重庆南川寒武系裂缝特征

前两期裂缝和缝合线,也曾发生过溶蚀扩大,具有明显的溶蚀边缘,是碳酸盐岩储层的主要储集空间和渗滤通道。

上述第一期裂缝基本被全充填,第二、第三两期裂缝都存在未充填的空间,这些空间可能是裂缝被

溶蚀扩大但未被充填,也可以是方解石未全充填留下的空间。方解石也存在晶间孔,还有泥质充填物中的微孔隙(第二期),这些空间基本上都被沥青或残余的油质浸染,说明这些空间已成为油气的储集空间和运移通道。

4 孔隙演化

四川盆地南部中—上寒武统储层主要是潮坪环境下的晶粒白云岩和高能环境下的颗粒白云岩。储层颗粒都不太发育,原始孔隙度可能在15%~25%。储层沉积之后,主要发生以下变化过程(图8)。

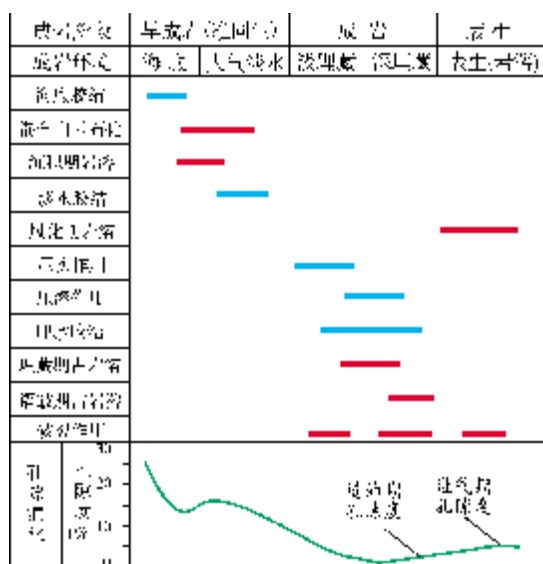


图8 四川盆地南部中—上寒武统储层成岩作用及孔隙演化图

(1) 在海底成岩环境固结成岩中,发生海底胶结作用,形成以纤维状、马牙状方解石为主的胶结物。据薄片负胶结孔隙度统计,这期胶结作用使孔隙度下降至10%~15%。

(2) 海平面下降,储层暴露,在少量浅滩发生混合水白云石化作用。白云石含有大量的晶间孔,使储层孔隙度有所提高。同时,由于大气淡水淋滤,储层发生一定量的溶蚀作用,也可使储层孔隙度有一定的增加。此时储层孔隙度可上升到15%左右。

(3) 海平面上升,又发育浅滩沉积。随着上覆地层增厚,储层埋深加大,发生压实作用。同时,还发生了埋藏胶结作用。当埋深增加到一定深度时,压溶作用发生。此过程使孔隙(原生粒间孔和

沉积期岩溶作用形成的溶蚀孔隙)大量减少,最终孔隙度降至2%~3%左右。

(4) 加里东运动期间,碳酸盐岩沉积体整体抬升,风化期岩溶发育,产生大量溶蚀孔隙。此时第一期裂缝也开始形成,但无储集意义。至晚海西期(二叠纪)烃源岩成熟,大量烃类生成,烃类溶解产生的有机酸溶蚀储层,产生一定量的次生孔隙,同时发生了进油事件,使剩余的有效孔隙和第一期裂缝几乎全被第一次成藏的原油所充注,储层孔隙度扩大到3%~4%左右。

(5) 之后,发生了印支运动、喜马拉雅运动,储层相应地产生了两期裂缝。由于烃源岩达到过成熟,加上原油的裂解,天然气开始产生,并沿开启的裂缝向上运移。此过程中有机酸继续形成,能起到溶蚀作用,即埋藏、褶皱期古岩溶使部分储层孔隙度扩大到4%~5%左右。

5 结论

成岩作用控制着储层的物性及孔隙演化。白云石化作用和岩溶作用是控制四川盆地南部中—上寒武统储层发育的主要地质作用,研究区大量的晶间孔和晶间溶孔由这两种成岩作用产生,晶间孔和晶间溶孔是本区主要的储集空间类型。而压实作用和胶结作用却破坏了大量的原生孔隙和次生孔隙,严重影响了储层发育。破裂作用具有沟通储集空间、提高渗透性的作用,同时也为岩溶作用提供了有利的地质条件,且具有一定的储集空间。

参考文献

- [1] 赵宗举,范国章,吴兴宁,等. 中国海相碳酸盐岩的储层类型、勘探领域及勘探战略[J]. 海相油气地质, 2007, 12(1): 1-11.
- [2] 杨威,魏国齐,金惠,等. 川东北飞仙关组鲕滩储层成岩作用和孔隙演化[J]. 中国地质, 2007, 34(5): 822-828.
- [3] 许效松,刘宝珺,牟传龙,等. 中国中西部海相盆地分析与油气资源[M]. 北京:地质出版社, 2004.
- [4] 王运生,金以钟. 四川盆地地下二叠统白云岩及古岩溶的形成与峨眉地裂运动的关系[J]. 成都理工学院学报, 1997, 24(1): 8-16.
- [5] 毛琼,邹光富,张洪茂,等. 四川盆地动力学演化与油气前景探讨[J]. 天然气工业, 2006, 26(11): 7-10.
- [6] 刘满仓,杨威,李其荣,等. 四川盆地蜀南地区寒武系地层划分及对比研究[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(1): 100-106.

- [7] 许中杰,刘万洙,白雪峰,等. 黔南、黔北及南盘江拗陷古生代碳酸盐岩储层特征[J]. 世界地质,2007,26(2):224-229.
- [8] Bathurst R G C. 碳酸盐岩沉积物及其成岩作用[M]. 中国科学院地质研究所翻译组,译. 北京:科学出版社,1971.
- [9] 胡明毅,朱忠德,郭成贤,等. 鄂中地区下奥陶统碳酸盐岩成岩作用及孔隙演化[J]. 矿物岩石,1994,14(2):47-54.
- [10] 马永生,梅冥相,陈小兵,等. 碳酸盐岩储层沉积学[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [11] 刘永福,殷军,孙雄伟,等. 塔里木盆地东部寒武系沉积特征及优质白云岩储层成因[J]. 天然气地球科学,2008,19(1):126-132.
- [12] Kaufman R L,Ahmed A S. Gas chromatography as a development and production tool for fringe printing vidual reservoirs:application in the Gulf of Maxico Gulf coast[J]. AAPG Bulletin,1990,48(3):263-282.
- [13] 胡明毅,龚文平,肖传桃,等. 中国海相油气区地质文集[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [14] 杨威,王清华,刘效曾. 塔里木盆地和田河气田下奥陶统白云岩成因[J]. 沉积学报,2000,18(4):544-548.
- [15] Badiozamani K. The Dorag Dolomitization Model:Application to the Middle Ordovician of Wisconsin[J]. J Sediment Petrol, 1973,43:965-984.
- [16] 王兴志,张帆,蒋志斌,等. 四川盆地东北部飞仙关组储层研究[J]. 地学前缘,2008,15(1):117-122.

编辑:吴厚松

Diagenesis of Middle and Upper Cambrian Reservoirs in Southern Part of Sichuan Basin

Yang Wei, Hu Mingyi, Song Haijing, Hu Zhihua

Abstract: It is demonstrated that the Middle and Upper Cambrian reservoirs in southern part of Sichuan Basin are sediments in a restricted carbonate platform, which are mainly composed of silty-fine dolostone, dolerudite, dolorenite, oolitic dolostone, and so on. Diagenesis mainly include compaction, cementation, dolomitization, dissolution and fracturing. Dolomitization and karstification are the keys of forming excellent reservoirs. The dolostone that occurred in bank environment in this area is originated from mixed dolomitization. Karstification that took place during several phases includes depositional, emerged, buried and folded karst, in which the emergence karst is the main karstification. Compaction and cementation destroyed a majority of primary and secondary pores, which resulted in decreasing porosity to 2%~3% from about 15%. Consequential karstification and fracturing brought on increasing porosity to 4%-5% in parts of the reservoirs and intracrystalline pores and intracrystalline solution pores are common.

Key words: Carbonates; Diagenesis; Pore Evolution; Cambrian; Xixiangchi Group; Sichuan Basin

Yang Wei: male, Master degree in progress at Changjiang University. Add: Geo-science College of Changjiang University, Jingzhou, Hubei, 434023 China